

# TRAFFIC ASSISTANT SYSTEM FOR ROAD JUNCTIONS

**David Podola**

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xpodol03@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Petyovsky

E-mail: petyovsky@feec.vutbr.cz

**Abstract:** Road junctions are one of the most common places where collisions happen. This article proposes an algorithm for moving object extraction, which will act as an input for an assistant system based on cameras, image processing algorithms and a light signal, monitoring the situation at a junction and providing the driver with an information, whether the situation is safe and the driver can enter the junction safely. The algorithm takes decision based on the direction and speed of the moving objects. The results have shown that it is feasible to solve the challenge by the chosen method, however, the most challenging part would be various weather conditions as well as reliable shadow detection.

**Keywords:** computer vision, moving object detection, vehicle detection, assistance and cooperative traffic systems, road accident reduction.

## 1 ÚVOD

Nedání přednosti v jízdě bylo dle statistik Policejního prezidia České republiky z let 2013 až 2017 osmou nejčastější příčinou všech dopravních nehod se smrtelnými následky. [1] Nebereme-li v potaz následky na zdraví, jedná se o převládající příčinu nehod především ve velkých městech. Jedním z rizikových míst jsou nepřehledné tříramenné křižovatky, jež bývají pro snížení rizika opatřeny dopravním zrcadlem. Pro některé řidiče je však orientace pomocí zrcadla obtížná, čímž mohou dopravní situaci nesprávně vyhodnotit a způsobit tím nehodu. Navrhované inteligentní dopravní zrcadlo vyhodnocuje situaci paralelně s řidičem a poskytuje informaci, zdali je nutno zastavit nebo zdali řidič může v jízdě bezpečně pokračovat. Informace může být předávána například formou světelné signalizace.

Po krátkém rozboru použitých algoritmů zmíní článek implementační prostředí a jazyk, následně detailněji představí zvolené algoritmy, vhodnost jejich použití pro zmíněnou aplikaci a závěrem shrne dosažené výsledky, vyhodnotí dosažitelnost řešení pomocí zvolené metody kamerových systémů a navrhne možná zlepšení.

## 2 ROZBOR ÚLOHY

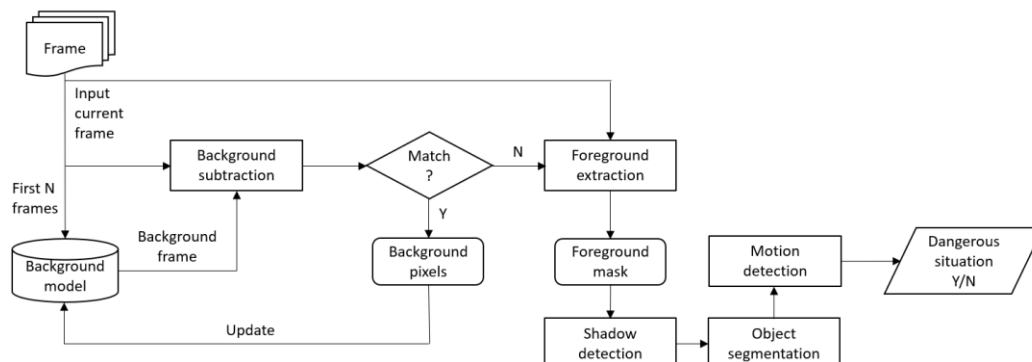
Cílem algoritmu je rozeznat pohybující se objekt ve snímané scéně, odhadnout směr jeho pohybu a rychlost. Získané informace budou dále předány nadřazenému algoritmu, který vyhodnotí, zdali je situace v křižovatce pro vozidlo vyjíždějící z vedlejší silnice na silnici hlavní bezpečná. Implementovaný algoritmus je popsán na obrázku 1. Nadřazený algoritmus není předmětem tohoto článku. Úspěšnost jednotlivých modulů bude posouzena kvalitativně.

Jádro systému tvoří algoritmus detekce pohybujících se objektů na jednotlivých snímcích pořízených videozáznamů. Pro detekci je důležitá tvorba referenčního pozadí, imunního vůči objektům popředí, avšak akceptujícího pomalé změny světelných podmínek během dne. Modul popředí extrahuje pohybující se objekty. Výsledná maska obsahuje i případné stíny těchto objektů, které je nutno detekovat a odfiltrovat. Segmentace masky separuje jednotlivé objekty, pro které modul detekce pohybu určí jejich směr a rychlost.

### 3 POUŽITÉ ALGORITMY

Pro implementaci byl použit skriptovací jazyk Matlab a knihovna Image Processing Toolbox, jejichž výhodou je jednoduchost použití, ovšem za cenu nižší rychlosti. Pro použití v reálné aplikaci budou po odladění algoritmy reimplementovány pomocí jazyka C++ a knihoven OpenCV.

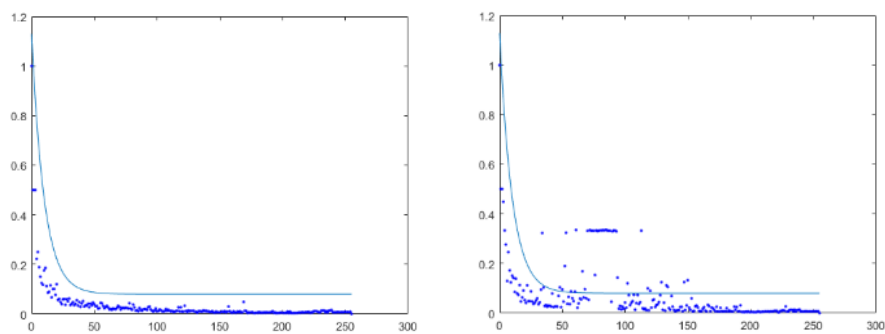
Z důvodu rychlejšího zpracování bylo původní rozlišení videozáznamů 1280 x 720 pixelů sníženo na rozlišení 355 x 200 pixelů a videozáznamy byly vzorkovány s periodou 1 s.



**Obrázek 1:** Algoritmus detekce pohybujících se objektů

Nejprve bylo vzato pět snímků videa pro **inicializaci pozadí**, sestávajícího z průměrného snímku a směrodatné odchylky, vypočítaných pro každý pixel a každý kanál zvlášť. **Aktualizace pozadí** probíhá pouze pro malé změny intenzit osvětlení v novém snímku, prahovou hodnotu tvoří k-násobek směrodatné odchylky referenčního pozadí. [2] V opačném případě je pixel prohlášen za kandidáta na popředí a je předán navazujícímu modulu.

Při **extrakci popředí** je posuzována změna normalizovaných barevných souřadnic červeného a zeleného kanálu a změna intenzit korespondujících šedotónových obrázků. [3] Pixely s nízkou intenzitou osvětlení jsou náchylné na šum, který uměle navyšuje hodnotu kalkulovaných parametrů, jež mohou překročit prahovou hodnotu a být tím falešně prohlášeny za popředí. Klesající exponenciální funkce na obrázku 2 vliv šumu eliminuje. Užitím morfologického otevření byl eliminován šum ve výsledné masce popředí.



**Obrázek 2:** Obrázek vlevo: Klasifikace všech pixelů jako pozadí (snímek neobsahuje žádné popředí). Obrázek vpravo: snímek s přítomným popředím.

Vodorovná osa: intenzita vyšetřovaného pixelu, svislá osa: normalizovaná barevná souřadnice.

**Detekce stínů** byla vyzkoušena na řadě typů algoritmů jako například barevných invariantů, entropie, LBP atd. Jako nejobtížnější scéna se ukázala videa pořízená krátce po úsvitu nebo před západem slunce, kdy je slunce v reálné scéně nízko nad obzorem. Při těchto podmínkách byl v oblasti stínu malý odstup signálu od šumu a žádný z uvedených přístupů následně nedokázal stín spolehlivě detekovat. Jedinou výjimku tvoří lokální binární vzor (LBP), jež na výstupu označil alespoň obrysy

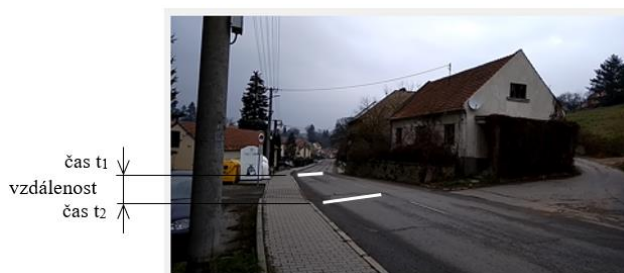
stínu. Výsledků algoritmu založeném na LBP [4] by při vhodném zkombinování s dalšími technikami bylo pravděpodobně možno využít. Nabízí se například metoda hledání symetrie ve snímku popředí. Výsledek detekce je demonstrován na obrázku 3.



**Obrázek 3:** Detekce stínů pomocí LBP.

Pomocí **segmentace** binární masky obsahující pixely popředí je možno sledovat pohyb daného shluku pixelů, reprezentující pohybující se objekt. Segmentace probíhala s využitím knihovny funkce Matlabu Regionprops. Výstupem je počet shluků v masce popředí a souřadnice jejich středů.

Sledováním pohybu středů jednotlivých shluků byl určen **směr pohybu** objektu. K měření **rychlosti** byl definován úsek o známé délce, vyobrazený na obrázku 4. Analýzou obrazu byl určen čas, za který objekt tento úsek urazil. Na závěr byla vypočítána rychlost daného objektu.

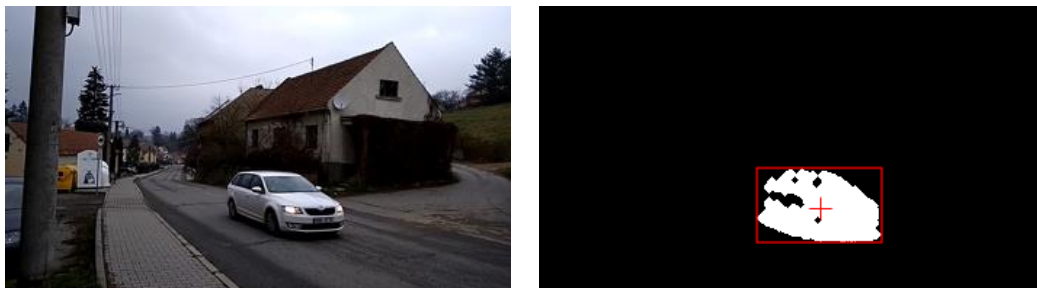


**Obrázek 4:** Úsek pro měření rychlosti.

#### 4 VÝSLEDKY ALGORITMŮ A NÁVRH ZLEPŠENÍ

Úvodní pozadí je během inicializace náchylné na nežádoucí objekty popředí, které by bylo vhodné detekovat a potlačit. Při aktualizaci pozadí dochází na okrajích stínů statických objektů k saturaci jednoho z barevných kanálů, což lze zlepšit například tvorbou dvojího pozadí – krátkodobého a dlouhodobého a následným vhodným výběrem toho nejvěrohodnějšího. Extrakce popředí poskytuje relativně spolehlivé výsledky po odfiltrování šumu pomocí matematické morfologie. Při extenzivním užití morfologie však dochází ke zkreslení tvaru extrahovaného objektu. Extrakci lze zlepšit například použitím klasifikace popředí založené na oblastech [2]. Algoritmy pro detekci stínů byly vyzkoušeny na videozáznamu se sluncem postaveným v reálné scéně nízko nad obzorem a současně s oslněným objektivem. Výsledky ukázaly, že za těchto podmínek není snadné rozlišit pohybující se objekt od jeho stínu. Jediným z vyzkoušených algoritmů, který by mohl být potenciálně využit, je LBP například v kombinaci s technikou symetrie (automobil je symetrický okolo vertikální osy). Nabízí se rovněž varianta detekci stínů úplně vyloučit a vhodně přizpůsobit navazující algoritmus segmentace objektů, který by byl vůči stínům imunní. Knihovna Image Processing Toolbox funguje při segmentaci objektů spolehlivě, není však schopna rozlišit dvě auta jedoucí v zákrytu. Detekce směru pohybu, beroucí jako jediný vstupní parametr směr pohybu středu objektu, je dobrá pro hrubý odhad směru pohybu, zároveň je však citlivá při detekci objektů na velké vzdálenosti. Více vhodných vstupních parametrů, jako např. plochy objektu, by mohlo přesnost výrazně zvýšit. Stanovení rychlosti objektu funguje spolehlivě, nicméně pouze pro jedno vozidlo, jedoucí navíc na správné straně vozovky. V dalších situacích, jako například předjíždějících se vozidlech, nelze zaručit správnou detekci a je nutno algoritmus vylepšit.

Vhodně zvolenou testovací metodou bude možné výsledky rovněž kvantifikovat a porovnat je s jinými systémy a algoritmy. Zvýšení rychlosti desktopové aplikace lze dosáhnout například pomocí její implementace v jazyce C++ s využitím knihoven OpenCV. Výskyt vozidel, jež jsou na obraze v zákrytu, lze snížit umístěním snímací kamery výše nad vozovku (při sběru testovacích videozáznamů byl objektiv umístěn ve výšce přibližně 1,5 m). Vyšší přesnosti detekce lze rovněž dosáhnout fúzí více druhů senzorů a algoritmů. Lze předpokládat, že hlavním přínosem fúze bude spolehlivá funkce algoritmu, a to i za zhoršených a nepříznivých světelných a klimatických podmínek.



**Obrázek 5:** Obrázek vlevo: aktuální scéna s vozidlem.  
Obrázek vpravo: detekované vozidlo na levém snímku.

## 5 ZÁVĚR

Článek se zabýval dosažitelností spolehlivé detekce pohybujících se objektů ve snímané dopravní scéně. Techniky selektivní aktualizace modelu pozadí v kombinaci s technikami extrakce popředí pomocí klesající exponenciální funkce, metodami detekce a odstranění stínů, segmentace popředí a určení směru pohybu a rychlosti ukázaly, že dosažitelnost spolehlivé detekce pohybujících se objektů na vozovce lze prohlásit za potencionálně možnou. Obrázek 5 demonstruje dosažené výsledky pro video bez přímého slunečního záření, a tedy i bez přítomnosti významných stínů. Pro definitivní potvrzení či vyvrácení dosažitelnosti řešení dané problematiky je třeba dalšího podrobnějšího zkoumání pro rozličné dopravní situace, povětrnostní vlivy, možné poruchy zařízení vedoucí k nebezpečným stavům a další faktory. Rovněž bude vhodné posoudit výsledky kvantitativně. Rychlost aplikace je možno zvýšit reimplementací v jazyce C++ s využitím knihoven Matlab. Robustnost lze dále zvýšit kombinací více druhů senzorů nebo například polohováním snímacích kamer do větší výšky na vozovku a tím omezit zákryt pohybujících se objektů.

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé práce, panu Ing. Petrovi Petyovskému, Ph.D. za přínosné debaty o možnostech počítačového vidění a o oblastech telematiky.

## REFERENCE

- [1] Policie ČR: Statistika nehodovosti [online]. [cit. 2018-11-04]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx>
- [2] H. Zeng and S. Lai, "Adaptive Foreground Object Extraction for Real-Time Video Surveillance with Lighting Variations," 2007 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - ICASSP '07, Honolulu, HI, 2007, pp. I-1201-I-1204. doi: 10.1109/ICASSP.2007.366129
- [3] DAI, Jiangyan, Dianyuan HAN a Xiaowei ZHAO. *Effective moving shadow detection using statistical discriminant model*. 2015, 5400 - 5401. DOI: 10.1016/j.ijleo.2015.09.099.
- [4] PICCARDI, Massimo. Background subtraction techniques: a review. *2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics* [online]. 2004, 3099 - 3101.